

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift

(10) DE 195 43 401 A 1

(51) Int. Cl. 6:

B 01 L 7/00

H 05 B 6/80

B 01 F 9/10

B 01 F 15/08

(71) Anmelder:

Mikrowellen-Systeme MWS GmbH, Küblis, CH

(74) Vertreter:

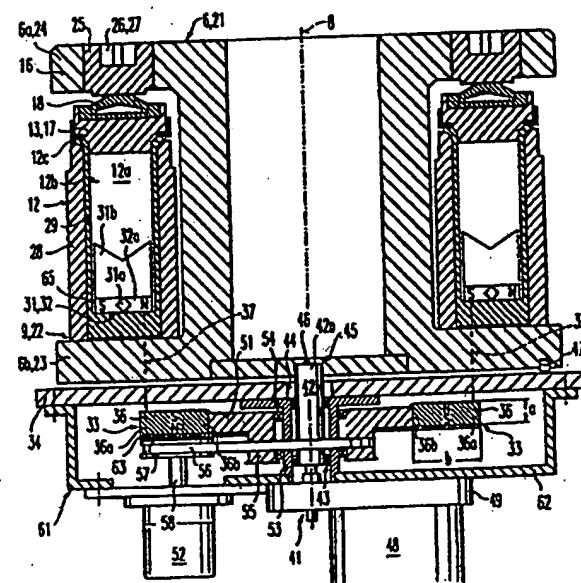
Mitscherlich & Partner, Patent- und Rechtsanwälte,  
80331 München

(72) Erfinder:

Lautenschläger, Werner, 88299 Leutkirch, DE

(54) Vorrichtung zur Wärmebehandlung einer Probe durch die Bestrahlung mit Mikrowellen

(55) Bei einer Vorrichtung zur Wärmebehandlung einer Probe durch die Bestrahlung mit Mikrowellen, mit einer mit den Mikrowellen beaufschlagbaren Heizkammer (3), einem in die Heizkammer (3) auf einen Stellplatz stellbaren Probenbehälter (11), der ein topfförmiges Behälterunterteil (12) und einen Deckel (13) aufweist, und einem im Probenbehälter (11) drehbar angeordneten ersten Magnet (32), der durch einen außerhalb des Probenbehälters (11) angeordneten zweiten Magneten (36) drehbar ist, ist in der Heizkammer (3) ein Rotor (6) angeordnet, der durch einen Antrieb (41) um eine aufrechte Drehachse (8) drehbar oder hin und her schwenkbar gelegt ist, wobei der Rotor (6) auf einem ersten Teilkreis mehrere Standplätze (9) für mehrere Probenbehälter (11) mit jeweils einem darin angeordneten Magneten (31) aufweist und auf einem zweiten Teilkreis ein oder mehrere zweite Magnete (36) angeordnet sind.



DE 195 43 401 A 1

DE 195 43 401 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Es ist bei der Untersuchung von Proben, z. B. im Rahmen der analytischen Chemie, und insbesondere zum Aufbereiten von Probenmaterialien bzw. bei der Umwandlung von Ausgangsstoffen zu Reaktionsprodukten, üblich, die Behandlung der Probe unter Wärmeeinwirkung durchzuführen, weil sich unter dieser Bedingung der angestrebte Prozeß überhaupt erst durchführen oder verbessern bzw. forcieren läßt.

Dabei ist in vielen Behandlungsfällen eine gleichmäßige Erwärmung des Probenmaterials anzustreben, da andernfalls z. B. unterschiedliche Reaktionen bzw. Prozesse im Material ablaufen können. Dies gilt insbesondere dann, wenn in der Heizkammer der Vorrichtung mehrere Proben gleichzeitig in mehreren Behältern behandelt werden. Dabei ist es bekannt, die Heizkammer durch die Bestrahlung mit Mikrowellen aufzuheizen und dabei das Probenmaterial unmittelbar oder mittelbar ebenfalls durch Mikrowellenstrahlung zu erhitzen. Um hierbei eine gleichmäßige Erwärmung der Proben in den Behältern zu erreichen, ist es ebenfalls bereits bekannt, in der Heizkammer einen Rotor mit auf einem Teilkreis verteilt angeordneten Stellplätzen für die Behälter vorzusehen, auf denen die Behälter während des Betriebs der Vorrichtung drehbar sind und dadurch einer gleichmäßigen Mikrowellenbestrahlung ausgesetzt werden.

Eine andere Maßnahme, nämlich das in einem Behälter befindliche Probenmaterial während der Erwärmung durch Mikrowellenbestrahlung der Heizkammer gleichmäßig zu erwärmen, besteht darin, das Probenmaterial im Behälter während der Mikrowellenbestrahlung umzurühen, so daß Zonen unterschiedlicher Erwärmung und/oder Reaktionen vergleichmäßig und somit vermieden werden. Eine solche Vorrichtung der eingangs angegebenen Art ist in der Fachzeitschrift "Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy", Vol. 22 No. 4, 1992, S. 195-198 beschrieben. Bei dieser bekannten Vorrichtung ist unter dem Stellplatz für den Behälter in der Heizkammer eine magnetische Antriebsvorrichtung mit einem durch einen Motor drehbaren Antriebsmagneten angeordnet, mit dem ein auf dem Grund des Behälters angeordnetes Röhrelement mit einem Magnet im Funktionsbetrieb drehbar ist, das das im Behälter befindliche Probenmaterial durch seine Drehung verrühren soll.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs angegebenen Art so auszustalten, daß bei Gewährleistung der angestrebten gleichmäßigen Erwärmung der Probe eine größere Leistungsfähigkeit erreicht wird.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung können nicht nur mehrere Proben in mehreren Behältern gleichzeitig behandelt werden, sondern es ist auch eine gleichmäßige Erwärmung der Proben gewährleistet, wobei diese gleichmäßige Erwärmung unter Berücksichtigung der vorhandenen Bedingungen sowohl zu einer gleichmäßigen Erwärmungstemperatur als auch nur zu einer gleichmäßigen Wirkung führen kann, so daß unter Berücksichtigung vorhandener Kriterien einer mittelbaren oder unmittelbaren Erwärmung, z. B. unter Berücksichtigung unterschiedlicher Probenmaterialien, unterschiedliche Temperaturen in verschiedenen Behältern erreichbar sind. Dabei läßt sich die Erfindung in einfache

cher Weise realisieren, und sie ermöglicht eine einfache Ausgestaltung und einen einfachen Antrieb bei kleiner und kompakter Bauweise sicherer Funktion, die sich vorteilhaft mit einem Rotor zum Drehen mehrerer Behälter in der Heizkammer kombinieren läßt. Dabei ermöglicht die Erfindung auch eine große Rühr- und Mischleistung in den Behältern, so daß auch die diesbezüglichen Voraussetzungen für eine angestrebte gleichmäßige Erwärmung erfüllt oder zumindest verbessert werden.

In den Unteransprüchen sind Merkmale enthalten, die zu weiteren Verbesserung der Rühr- bzw. Mischleistung und zu weiteren vorteilhaften und praktikablen Ausgestaltungen kleiner und kompakter Bauweise führen, die sich in einfacher und kostengünstiger Weise herstellen sowie montieren bzw. demontieren lassen und dabei auch eine hohe Leistung des magnetischen Drehantriebs für die in den Behältern befindlichen Magnete führen.

Nachfolgend werden die Erfindung und weitere durch sie erzielbare Vorteile anhand von bevorzugten Ausgestaltungen und vereinfachten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung in perspektivischer Vorderansicht;

Fig. 2 die in Fig. 1 mit "X" gekennzeichneter Einzelheit im vertikalen Querschnitt;

Fig. 3 ein Röhrelement im vertikalen Schnitt in vergrößerter Ausgestaltung;

Fig. 4 einen der Fig. 3 entsprechenden Schnitt eines Röhrelements abgewandelter Ausgestaltung;

Fig. 5 das Röhrelement nach Fig. 4 in der Draufsicht.

Die allgemein mit 1 bezeichnete Vorrichtung weist ein vorzugsweise quaderförmiges Gehäuse 2 aus mikrowellenundurchlässigem Material auf, z. B. aus Stahlblech, das eine Heizkammer 3 umschließt, die durch ein insbesondere frontseitiges Verschlußelement, insbesondere eine Tür oder Klappe 4, wahlweise zu öffnen und zu schließen ist. Dem Gehäuse 2 ist ein z. B. an der Rückseite angeordneter Mikrowellengenerator 5 zugeordnet, von dem in nicht dargestellter Weise Mikrowellen in die geschlossene Heizkammer 3 einkoppelbar sind. In der Heizkammer 3 ist ein Rotor 6 angeordnet, der durch einen Antriebsmotor 7 um eine vertikale

Drehachse 8 drehbar oder hin und her schwenkbar ist, und der eine Mehrzahl, auf einem Teilkreis vorzugsweise verteilt angeordnete Standplätze 9 für Probenbehälter 11 aufweist, auf die die Probenbehälter 11 wahlweise stellbar und wieder einnehmbar sind.

Die einander vorzugsweise gleichen Probenbehälter 11 bestehen jeweils aus einem topfförmigen Behälterunterteil 12 und einem Deckel 13. Zur Wärmebehandlung von in die Probenbehälter 11 eingegebenen Proben werden diese in den Probenbehältern 11 bei einer Rotation des Rotors 6 einer Mikrowellenbeaufschlagung ausgesetzt, wobei die aus gleichen oder unterschiedlichen Probenmaterialien bestehenden Proben erhitzt werden und Veränderungen im Probenmaterial stattfinden, z. B. eine chemische Reaktion, ein Aufschluß, eine Extraktion oder ein Trocknungsvorgang. Diese Vorgänge können bei Überdruck oder Unterdruck in den Probenbehältern 11 stattfinden. Für eine Unterdruck-Behandlung ist eine an die Probenbehälter 11 angeschlossene, an sich bekannte Absaugvorrichtung vorzusehen,

wie es z. B. in der WO 93 22650 beschrieben ist. Bei der vorliegenden Ausgestaltung ist die Vorrichtung 1 für eine Behandlung der Proben bei Überdruck eingerichtet. Hierzu ist jedem Probenbehälter 11 eine Verschluß-

vorrichtung 14 zugeordnet, die bis zu einem bestimmten Überdruck den Probenbehälter 11 verschlossen hält, so daß sich darin durch die Wirkung der Erhitzung ein Überdruck aufbauen kann. Jeder Verschlußvorrichtung 14 ist eine Sicherheitsvorrichtung 15 zugeordnet, die bei Überschreitung des bestimmten Überdrucks ein Öffnen der Probenbehälter 11 gestattet, so daß der erhöhte Innendruck sich nach außen entspannen kann und eine Überbeanspruchung oder Explosion der Probenbehälter 11 vermieden wird.

Bei der vorliegenden Ausgestaltung weist jede Verschlußvorrichtung 14 ein Verschlußhalteteil 16 auf, das ein Teil des Rotors 6 ist und den Deckel 13 in seiner Verschlußstellung hält. Im Deckel 13 ist ein Überdruckventil 17 integriert, dessen Ventilkörper vorzugsweise durch den Deckel 13 selbst gebildet ist. Hierzu ist der Sicherheitsvorrichtung 15 ein vertikal elastisch zusammendrückbares Druckelement 18 zugeordnet, das beim Überschreiten des bestimmten Innendrucks im Probenbehälter 11 ein Öffnen des Überdruckventils, hier des Deckels 13 ermöglicht. Bei der vorliegenden Ausgestaltung ist das Druckelement 18 zwischen dem Deckel 13 und dem darüber befindlichen Verschlußhalteteil 16 angeordnet, und es wird durch einen elastisch zusammendrückbaren Körper, insbesondere eine Platte oder vorzugsweise ein tellerfederförmiges Druckelement 18 gebildet, wie es aus Fig. 2 zu entnehmen ist.

Der Rotor 6 kann die Form einer Spule aufweisen, mit einem Boden- und Deckenflansch 6a, 6b zwischen dessen die Behälter 11 angeordnet sind (Fig. 1). Bei der Ausgestaltung nach Fig. 2 ist der Rotor 6 durch einen vertikal zylindrischen oder hohlzylindrischen Drehkörper 21 gebildet, in dessen Außenumfangsfläche mehrere in Umfangsrichtung vorzugsweise gleichmäßig verteilt angeordnete Ausnehmungen 22 angeordnet sind, die unten durch Bodenplattenteile 23 und oben durch Deckelplattenteile 24 vertikal begrenzt sind und so groß bemessen sind, daß die Probenbehälter 11 von der Seite her in die Ausnehmungen 22 einstellbar und wieder entfernt werden können. Die Bodenplattenteile 23 bilden somit die Standplätze 9. Die Verschlußhalteteile 16 sind durch vertikal in die Deckenteile 24 eingeschraubte Druckschrauben 25 gebildet, die vorzugsweise von oben zugänglich ein Drehgriffselement 26, vorzugsweise in Form einer mehrkantigen Ausnehmung 27, für einen nicht dargestellten Drehschlüssel aufweisen. Nach dem Einstellen der Probenbehälter 11 in die Ausnehmungen 22 kann jeweils durch ein mehr oder weniger starkes Anziehen der zugehörigen Druckschraube 25 der Innendruck, bei dem das Überdruckventil 17 selbsttätig öffnen soll, voreingestellt werden.

Alle vorbeschriebenen Teile des Rotors 6 und der Probenbehälter 11 bestehen vorzugsweise aus mikrowellendurchlässigem Material, insbesondere Kunststoff, so daß bei der Mikrowellen-Beaufschlagung die in den Probenbehältern 11 befindlichen Probematerialien unmittelbar erhitzt werden können. Es ist im Rahmen der Erfindung auch möglich, die Probenbehälter 11 aus wenigstens teilweise mikrowellenabsorbierendem Material herzustellen, so daß die Probematerialien direkt und/oder indirekt durch eine Erhitzung des zugehörigen Probenbehälters 11, insbesondere des Behälterunterteils 12, erhitzt werden können.

Bei der vorliegenden Ausgestaltung bestehen die Behälterunterteile 12 aus einem hohlzylindrischen Druckmantel 28 in den von oben ein dünnwandiges Innenbehälterteil 29 von oben eingeschoben sitzt das mit einem Flansch 31 an seinem oberen Rand auf dem oberen

Rand des Druckmantels 28 aufliegt. Der Druckmantel 28 kann aus einem mikrowellendurchlässigen Material, insbesondere Kunststoff bestehen, in den Partikel aus mikrowellenabsorbierendem Material, z. B. Kohlenstoff eingebettet sind, so daß eine indirekte Erhitzung der Probematerialien möglich ist. Das Innenbehälterteil 12 besteht aus einem gegen aggressives Probematerial resistentem Material wie Glas, Quarz oder Kunststoff, z. B. PTFE.

In jedem Probenbehälter 11 befindet sich ein Rühr-element 31, das um die vertikale Mittelachse des Probenbehälters 11 frei drehbar in dessen Innenraum 12a angeordnet ist und vorzugsweise auf dessen Behälterboden aufliegt. Das Rühr-element 31 weist einen Permanentmagneten 32 mit einem Nordpol N und einem Südpol S auf, die horizontal voneinander beabstandet und an den horizontalen Enden des Rühr-elements 31 angeordnet sind. Den Rühr-elementen 31 aller Probenbehälter 11 ist eine mit 33 bezeichnete magnetische Antriebsvorrichtung zugeordnet, die bei der vorliegenden Ausgestaltung vorzugsweise unterhalb des Bodens 34 der Heizkammer 3 angeordnet ist. Die magnetische Antriebsvorrichtung 33 weist mehrere, das heißt wenigstens zwei oder mehrere, z. B. vier, sechs oder acht Stück, auf dem Umfang eines Teilkreises verteilt angeordnete Permanentmagnete 36 auf, die in Umfangsrichtung bezüglich ihrer sich vertikal voneinander beabstandeten Nordpole N und Südpole S einander entgegengesetzt angeordnet sind, so daß ein Permanentmagnet 36 mit einem oben angeordneten Nordpol N ein Permanentmagnet 36 mit einem oben angeordneten Südpol S folgt oder umgekehrt. Dabei ist die Anordnung so getroffen, daß die Permanentmagnete 32 bezüglich der Permanentmagnete 36 radial nach innen oder nach außen so versetzt sind, daß entweder die Nordpole N oder die Südpole S der Permanentmagnete 31 sich über den radial äußeren oder inneren Enden 36a, 36b der Permanentmagnete 36 befinden. Dies ist in Fig. 2 durch zwei vertikale gestrichelte Linien 37 verdeutlicht.

Bei den Permanentmagneten 36 handelt es sich vorzugsweise um flache, insbesondere großflächige Magnete, deren vertikale, über deren Pole gemessene Abmessung a kleiner ist als ihre Breite b. Die Fläche der zweiten Permanentmagnete 36 sollte mehr als etwa 4 cm<sup>2</sup> betragen, um den Einsatz von extrem teuren und starken Seltener-Erd-Magneten umgehen zu können.

Die magnetische Antriebsvorrichtung 33 ist vorzugsweise in eine unterhalb des Bodens 34 der Heizkammer 4 angeordnete Antriebsvorrichtung 41 für den Rotor 6 integriert.

Zur drehbaren Lagerung des Rotors 6 ist eine Antriebswelle 42 vorgesehen, die in einem an der Unterseite des Bodens 34 angeordneten Drehlager 43 frei drehbar gelagert ist, den Boden 34 in einem Loch 44 nach oben durchsetzt, den Boden 34 vorzugsweise überragt und durch eine unlösbare oder eine lösbar Verbindung 45 mit dem Rotor 6 verbunden ist. Hierbei kann es sich um eine Steckverbindung mit einem unrunder Wellenabschnitt 42a handeln, der mit geringem Bewegungsspiel in eine Steckausnehmung 46 entsprechender Querschnittsform an der Unterseite des Rotors 6 einfaßt. Eine solche unrunde Steckverbindung 46 bildet eine einfache Drehmitnahmeverbindung, wobei der Rotor 6 aufsteckbar und somit fallweise in die Heizkammer 4 einsetzbar und wieder entnehmbar sein kann. Zur Lagerung des Rotors 6 auf dem Boden 34 dienen vorzugsweise drei oder mehr auf dem Umfang verteilt angeordnete

Räder 47, die an der Unterseite des Rotors 6 drehbar gelagert sind. Für den Drehantrieb ist ein elektrischer Antriebsmotor 48 vorgesehen, der direkt oder mittels eines Riemen- oder Zahnradgetriebes 49 in Antriebsverbindung mit der Antriebswelle 42 steht.

Die magnetische Antriebsvorrichtung 33 kann starr oder vorzugsweise ebenfalls um die vertikale Drehachse 8 des Rotors 6 drehbar gelagert sein. Im zuerst genannten Fall würde eine Relativbewegung zwischen den Permanentmagneten 32 und 36 nur durch die Dreh- oder Schwenkbewegung des Rotors 6 erzeugt. Wenn die magnetische Antriebsvorrichtung 33, hier die Permanentmagnete 36, zusätzlich drehbar gelagert sind, vorzugsweise in die der Drehrichtung des Rotors 6 entgegengesetzte Drehrichtung, wird die Relativgeschwindigkeit zwischen dem Rotor und der magnetischen Antriebsvorrichtung 33 wesentlich vergrößert, was zwecks einer guten Verrührung angestrebt ist.

Bei der vorliegenden Ausgestaltung sind die Permanentmagnete P 36 an einem zweiten flachen Rotor 51 angeordnet, der um die Drehachse 8 drehbar gelagert und z. B. durch einen zweiten Elektromotor 52 drehbar ist. Vorzugsweise ist der zweite Rotor 51 auf einer der Drehlager 43 bildenden Lagerhülse 3 frei drehbar gelagert. Der zweite Motor 52 kann durch eine Antriebsverbindung mit dem zweiten Rotor 51 in Antriebsverbindung stehen, z. B. einen Riementrieb. Hierzu weist der Rotor 51 an seiner Unterseite eine sein Drehlager 54 bildende Riemscheibe 55 auf, die durch einen Antriebsriemen 56 mit einer Antriebsriemscheibe 57 in Antriebsverbindung steht, die auf der Antriebswelle 58 des zweiten Motors 52 sitzt. Der zweite Rotor 51 kann aus nicht magnetischem Material wie Kunststoff oder nicht magnetischem Metall oder auch aus Stahl bestehen.

Bei der vorliegenden Ausgestaltung sind die Drehlager 43, 54 in einem an der Unterseite des Bodens 34 angeordneten Gehäuse 61 geschützt angeordnet, wobei die Antriebsmotoren 48, 52 an der Unterseite des Gehäuses 51 befestigt sein können und die Antriebsverbindungen sich durch den Boden 62 des Gehäuses 61 hindurch erstrecken.

Die Permanentmagnete 36 bilden jeweils ein eigenes oder gemeinsames Magnetfeld im Bereich zwischen den Permanentmagneten 32 und 36 mit aufrecht angeordneten magnetischen Kraftfeldlinien, die im Funktionsbetrieb aufgrund der Schwenk- oder Drehbewegung des Rotors 6 und der gegebenenfalls zusätzlichen Drehbewegung des Rotors 51 eine Drehbewegung der Permanentmagnete 32 erzeugen, da deren Nord- und Südpole N, S von den Nord- und Südpolen N, S Permanentmagnete 36 abwechselnd angezogen und abgestoßen werden. Dies ist möglich, weil die Behälterunterteile 12, der Rotor 6 und der Boden 34 aus für Magnetkräfte bzw. deren Kraftlinien durchlässigen Materialien bestehen. Wie bereits beschrieben, stehen die Behälterunterteile 12 vorzugsweise aus Kunststoff. Dies gilt auch für den Rotor 6, der aus einem mikrowellendurchlässigem Material insbesondere Kunststoff besteht, und auch für den Boden 34, der als Begrenzungswand für die Heizkammer 3 aus für die Mikrowellen undurchlässigem jedoch für die magnetischen Kräfte durchlässigem Material besteht, z. B. Metall wie Kupfer oder Aluminium oder Edelstahl.

Es ist im weiteren von Vorteil, unter den Permanentmagneten 36 eine Platte 63 aus magnetischem Material, insbesondere Eisen, anzuordnen, die bei der vorliegenden Ausgestaltung in Form einer die Riemscheibe 55

umgebenden Ringscheibe gebildet ist. Hierdurch werden die Kraftlinien der Unterseite des Magnetfeldes in vorteilhafter Weise gebündelt und zentriert, wobei sich eine Abschirmung des Magnetfeldes zu den Motoren 48, 52 hin ergibt.

Für ein funktionsfähiges Röhrelement 31 eignen sich viele Ausgestaltungsformen. Wesentlich ist, daß das Röhrelement 31 bei seiner Drehung um die vertikale Mittelachse des Probenbehälter 11 zum einen das Probenmaterial zu rühren und zu homogenisieren vermag und zum anderen im Behälterunterteil 12 eine durch seine Innenmantelfläche 12d gebildete Führung 65 findet. Wegen dieser Führung ist es vorteilhaft, das Behälterunterteil 12 mit einer innen und vorzugsweise auch außen runden Querschnittsform auszubilden. Grundsätzlich eignet sich als Röhrelement 31 ein üblicher Stabmagnet, der so lang zu bemessen ist, daß er beim Drehen im Behälterunterteil 12 nicht klemmt.

Eine bezüglich der Funktion Rühren vorteilhafte Form ist dann gegeben, wenn das Röhrelement 31 die Form eines Kreuzes aufweist, wobei der eine Kreuzbalken durch einen Stabmagnet 32a und der andere Kreuzbalken durch einen Rührstab bzw. Rührarme 31a oder ebenfalls durch einen Stabmagnet gebildet sein kann. Im letzteren Falle sind die Pole dieser beiden Stab-Permanentmagnete 32 wechselweise so anzuordnen, daß in Umfangsrichtung ein Nordpol N einem Südpol S folgt oder umgekehrt.

Um zu verhindern, daß insbesondere beim Vorhandensein von aggressivem Probenmaterial oder einem damit ein Gemisch bildendem Lösungsmittel, kleinste Teilchen oder Moleküle aus dem Magnetmaterial bzw. Metall in das Probenmaterial diffundieren, ist der Stabmagnet 32a mit einer eine solche Durchdringung verhindern Hülle 66 umgeben, die aus einem geeigneten Schutzmaterial z. B. aus Quarz, Glas oder Kunststoff bestehen kann wie PTFE. Bei der Herstellung werden die Stabmagnete in die Hülle 66 bildende vorgefertigte Röhrchen etwas größerer Länge eingeschoben und durch ein Verschweißen der Röhrchenenden dicht eingebettet. Um zu verhindern, daß der Stabmagnet durch die während des Schweißens entstehenden Wärme seine Magneteigenschaft verliert, ist an zumindest einem Pol N, S die Schweißstelle davon beabstandet und der Hohlraum mit einem für Magnetkräfte durchlässigen Wärmeisolierungsmaterial isoliert. Hierbei kann es sich gemäß Fig. 3 um Quarzwolle 67 handeln, die an an einem oder beiden Enden des Stabmagnets 32a eingebettet ist.

Besonders vorteilhaft ist es, einen mit einer Hülle 66 aus Quarz umgebenden Stabmagneten 32a mit einer weiteren Hülle 68 aus für Magnetkräfte durchlässigem, hitzebeständigem Material insbesondere Kunststoff wie PTFE, zu umhüllen, das vorzugsweise auch gegen Flußsäure beständig ist. Hierdurch ist der Stabmagnet 32a doppelt abgedichtet und außerdem bildet die vorzugsweise aus Kunststoff bestehende zweite Hülle 68 eine zusätzliche Wärmeisolierung. Der Werkstoff Kunststoff für die äußere Hülle 68 ist auch aus Gründen einer einfach realisierbaren Formgebung vorteilhaft.

Bei einem kreuzförmigen Röhrelement 31 ist es vorteilhaft, den quer angeordneten Rührbalken oder die Rührarme aus dem Werkstoff der einzigen Hülle 66 oder der äußeren Hülle 68 zu bilden, vorzugsweise gleichzeitig mit der Ausbildung dieser Hülle 66, 68, was in einfacher Weise und wirtschaftlich durch Einbetten des Stabmagneten in diesen Werkstoff erfolgen kann.

Es ist auch möglich und vorteilhaft, hochkant ange-

ordnete Rührflügel 31b auf den Stabmagneten 32a und/oder Rührarmen 31a zu befestigen. Die Rührelemente 31 können und flache Scheiben aus Quarz, Glas oder Kunststoff (PTFE) gebildet sein, die an die jeweilige Hülle 66 oder 68 einteilig angeformt sind.

Für eine Wärmebehandlung von einer oder mehreren Proben werden diese in die Probenbehälter 11 eingegeben und die Probenbehälter in den Rotor 6 eingesetzt. Dann wird die Vorrichtung eingeschaltet, wobei mittels einer nicht dargestellten Steuervorrichtung die Mikrowellenheizung und die Antriebsvorrichtungen für den Behälter-Rotor 6 und die magnetische Antriebsvorrichtung 33 gegebenenfalls automatisch eingeschaltet und gesteuert werden. Während des Betriebs wird das fließ- oder rieselfähige Probenmaterial zum einen mittels des 15 Rotors 6 in der Heizkammer 3 bzw. Mikrowellenfeld bewegt und zum anderen mittels den Röhrelementen 31 gerührt und gemischt bzw. homogenisiert, wodurch eine gleichmäßige Erwärmung des Materials erreicht wird. Eine gleichmäßige Erwärmung ist angestrebt, um eine 20 gleichmäßige Behandlung, z. B. Aufbereitung oder chemische Prozesse zu gewährleisten.

Im Rahmen der Erfindung ist es auch möglich, den Rotor 6 nicht kontinuierlich zu drehen, sondern hin und her zu schwenken, insbesondere um etwa 360°. Ein solcher Bewegungsantrieb wird dann gewählt, wenn mit Zuführungs- oder Abführungsschlüchen verbundene Probenbehälter vorgesehen sind, wie es insbesondere beim Arbeiten mit Unterdruck in den Probenbehältern an sich bekannt ist. Hierbei handelt es sich um Schläuche, die das Hin- und Herschwenken ermöglichen.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Wärmebehandlung einer Probe 35 durch die Bestrahlung mit Mikrowellen, mit

- einer mit den Mikrowellen beaufschlagbaren Heizkammer (3),
- einem in die Heizkammer (3) auf einen Stellplatz steilbaren Probenbehälter (11) der ein topfförmiges Behälterunterteil (12) und einen Deckel (13) aufweist,
- einem im Probenbehälter (11) drehbar angeordneten ersten Magnet (32), der durch einen außerhalb des Probenbehälters (11) in 45 Wirknähe des ersten Magneten (32) angeordneten zweiten Magneten (36) drehbar ist, dadurch gekennzeichnet,
- daß in der Heizkammer (3) ein Rotor (6) angeordnet ist, der durch einen Antrieb (41) 50 um eine aufrechte Drehachse (8) drehbar oder hin und her schwenkbar gelagert ist,
- daß der Rotor (6) auf einem ersten Teilkreis mehrere Standplätze (9) für mehrere Probenbehälter (11) aufweist, von denen einer, mehrere oder alle jeweils einen darin angeordneten Magneten (31) enthalten,
- und daß ein zweiter Magnet (36) oder mehrere zweite Magnete (36) auf einem zweiten Teilkreis in Wirknähe zum ersten Teilkreis angeordnet sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Magnete (36) bezüglich ihrer Pole (N, S) abwechselnd angeordnet sind, so daß einem Nordpol (N) ein Südpol (S) folgt oder 65 umgekehrt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Magnete (36) an

einem zweiten Rotor (51) angeordnet sind, der um die Drehachse (8) durch einen Antrieb (52) drehbar ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Rotor (51) mit einer größeren Geschwindigkeit antriebbar ist als die Geschwindigkeit des ersten Rotors (6).

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Boden (34) der Heizkammer (3) aus für Magnetkräfte durchlässigem Material besteht und der oder die zweiten Magnete (36) unter dem Boden (34) angeordnet ist bzw. sind.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Pole (N, S) der zweiten Magnete (36) übereinander angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß für den Antrieb des ersten Rotors (6) und des zweiten Rotors (51) jeweils ein eigener Antriebsmotor (48, 52) vorgesehen ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb für den Rotor (6) eine koaxial zur Drehachse (8) angeordnete Antriebswelle (42) aufweist, die den Boden (34) der Heizkammer (3) in einem Loch (44) nach unten durchsetzt und in einem im oder unterhalb des Bodens (34) angeordneten Drehlager (43) drehbar gelagert ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Rotor (51) auf der Antriebswelle (42) oder auf einer das Drehlager (43) für den ersten Rotor (6) bildenden Lagerhülle (53) drehbar gelagert ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Magnete (36) bezüglich den ersten Magneten (32) so radial einwärts oder auswärts versetzt sind, daß die radial inneren Endbereiche der zweiten Magnete (36) unter den radial äußeren Bereichen der ersten Magnete (31) oder vorzugsweise die radial äußeren Endbereiche der zweiten Magnete (36) unter den radial inneren Endbereichen der ersten Magnete (32) angeordnet sind.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß unter den zweiten Magneten (36) ein vorzugsweise durch eine Platte (63) oder eine Ringscheibe gebildeter Schirm aus magnetisch wirksamen Material, insbesondere Eisen, angeordnet ist.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Magnete (32) in eine Hülle (68) aus korrosionsfestem Material, insbesondere Quarz, Glas oder Kunststoff, insbesondere PTFE, eingehüllt sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwischen der äußeren Hülle (68) und dem ersten Magneten (32) eine innere Hülle (66), vorzugsweise aus Glas oder Quarz, angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle (68) endseitig verschweißt ist und ein oder beide Pole (N, S) des Magneten (32) einen Abstand von der zugehörigen Schweißstelle aufweisen und durch ein dazwischen innerhalb der äußeren und/oder inneren Hülle (66, 68) angeordnetes Wärmeisoliermaterial, insbeson-

dere Quarzwolle, wärmegeschützt sind.

15. Vorrichtung nach einem der vorherigen An- sprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Magnete (32) als Stabmagnete mit zwei quer angeordneten Rührarmen (31a) ein symmetrisches 5 Kreuz bilden.

16. Erster Magnet (32) für eine Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch ge- kennzeichnet, daß der erste Magnet (32) die kenn- zeichnenden Merkmale eines der Ansprüche 12 bis 10 15 aufweist.

---

**Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen**

---

15

20

25

30

35

40

45

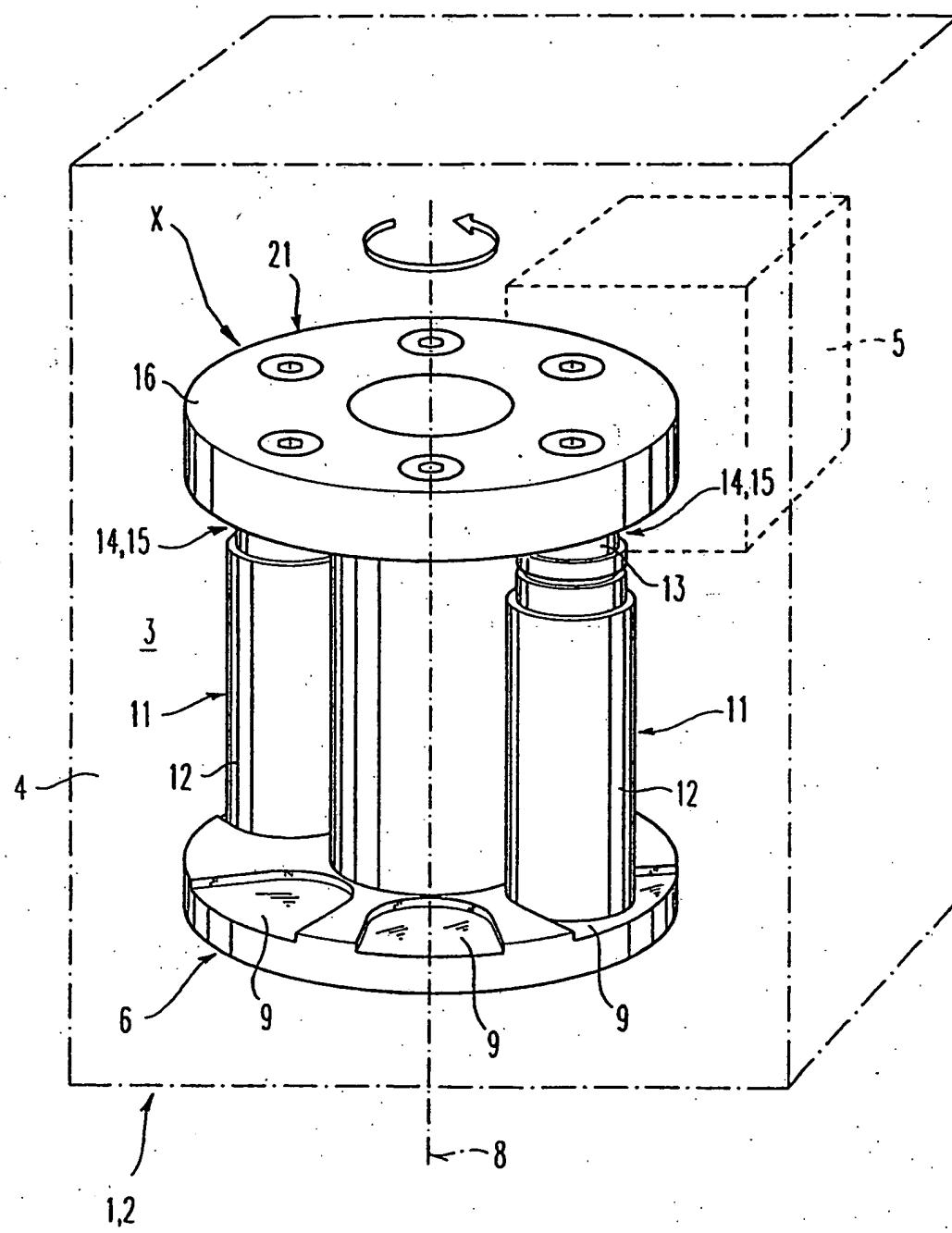
50

55

60

65

Fig. 1



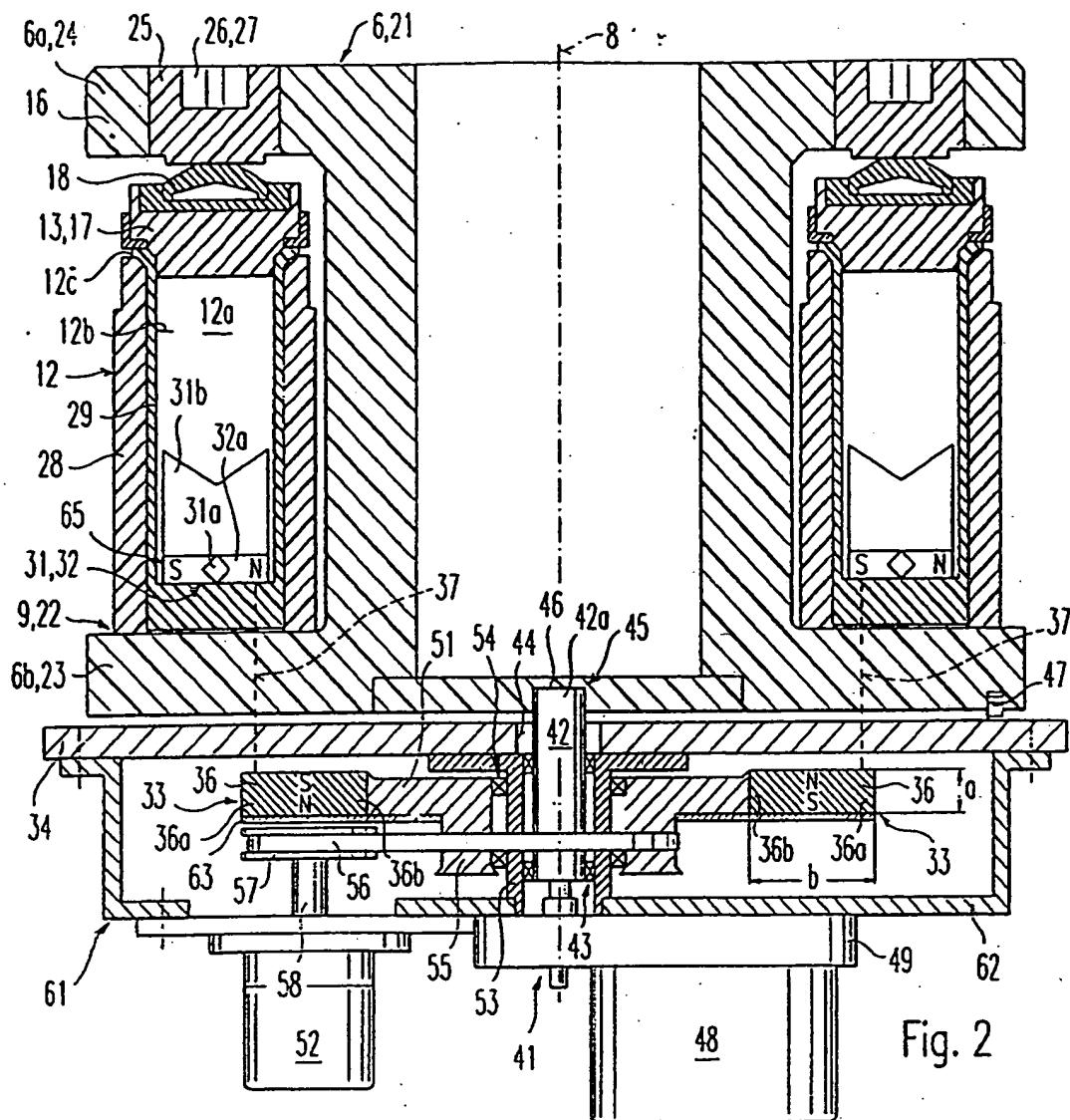


Fig. 3

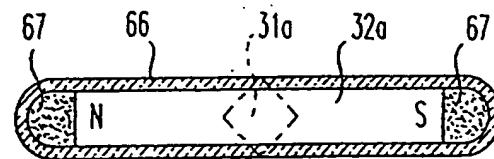


Fig. 4

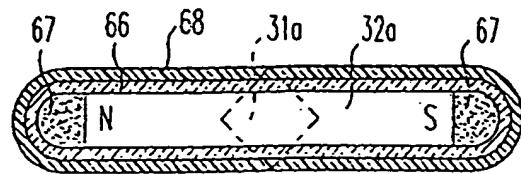


Fig. 5

